

**COMPARACIÓN DEL PROCESO DE VERMICOMPOSTAJE CON LA ESPECIE  
EISENIA FÉTIDA DESDE LA VARIACIÓN DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS**

**DIANA MARCELA GUAUQUE SÀNCHEZ**

**COD: 2700766**

**ESPECIALIZACION EN PLANEACIÓN AMBIENTAL Y MANEJO INTEGRAL DE  
LOS RECURSOS NATURALES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA**

**2017**



# **COMPARACIÓN DEL PROCESO DE VERMICOMPOSTAJE CON LA ESPECIE EISENIA FÉTIDA DESDE LA VARIACIÓN DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS**

## **COMPARISON OF THE VERMICOMPOST PROCESS WITH THE EISENIA FÉTIDA SPECIE FROM THE VARIATION OF ORGANIC RESIDUES**

Diana Marcela Guauque Sánchez  
Ingeniera Industrial, Técnico de servicios asistenciales  
Bogotá, Colombia.  
diana.guauque@unimilitar.edu.co

### **RESUMEN**

Se hizo la comparación de tres experimentos de vermicompostaje con la especie Eisenia fétida en Colombia, los residuos usados fueron pulpa de café sola, combinada con mucilago y restos de cultivo y post cultivo de rosas. Se identificó que para obtener un producto final con buen contenido de materia orgánica y un PH neutro, es necesario hacer un tratamiento previo al residuo con el que se va alimentar la lombriz. Además se planteó un mejor proceso, del análisis hecho a los experimentos. Se recomendó los residuos que mejor resultados pueden dar en el vermicompostaje de acuerdo a su composición química.

**Palabras clave:** lombriz, materia orgánica, residuo y vermicompostaje.

### **ABSTRACT**

Comparison of three vermicompost experiments with the Eisenia fetida species in Colombia was done, the residues used were coffee pulp alone, combined with mucilage and crop residues and rose post crop. It was identified that in order to obtain a final product with good organic matter content and a neutral PH, it is necessary to pre-treat the residue with which the worm will be fed. In addition, a better process was proposed, from the analysis done to the experiments. It was recommended the residues that better results can give in vermicompost according to their chemical composition

**Keywords:** worm, organic matter, residue and vermicompost.

## INTRODUCCIÓN

Durante el ciclo de vida de los seres humanos se generan a diario residuos sólidos, entre estos los orgánicos. Otra forma de tratarlos en vez de enviarlos a un relleno sanitario, es por medio del reciclaje, mediante la generación de abonos orgánicos a través de procesos como el vermicompostaje, que es convertir residuos orgánicos en vermicompost, o también conocido como humus de lombriz [1].

Las lombrices desde la antigüedad han tenido un papel importante en la agricultura, en Egipto llegaron a ser tan importantes que eran consideradas animales sagrados. También el filósofo Aristóteles las llamo intestinos del planeta tierra. En la antigüedad siempre se reconoció su importancia, fue más conocida gracias a Darwin, en un libro publicado en 1881 titulado "The formation from the vegetable soil by the action of the worms", desde allí se han empezado hacer mas estudios con respecto al tema, incluyendo el vermicompostaje. El primer estudio conocido sobre los beneficios del vermicompostaje fue en 1930, por un monje de la orden de San Benito Augustus Hensing, uso el proceso para eliminar los residuos orgánicos del monasterio. Luego en 1970 se empezaron hacer estudios en estados unidos, en las que se dieron las bases para el proceso y luego se empezó a desarrollar en varios países, en América además de USA, se empezó a implementar en cuba, Colombia, Argentina y Ecuador [2].

En Colombia se empezaron hacer estudios a finales del siglo XX, en los años 90, siendo usado como abono orgánico en la fertilización de flores para la venta, usando los residuos del cultivo, luego se empezaron hacer estudios usando estiércol de animales, y residuos agrícolas, la industria cafetera también con los residuos de la pulpa de café. De igual forma se han hecho estudios con los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales PTAR. En el país no solo ha sido usado como abono orgánico, también para la recuperación de suelos degradados por diversas actividades.

De este proceso existen muchos estudios, puesto que, tiene varios beneficios, como la fácil y rápida degradación de los residuos orgánicos, la recuperación y estabilización de los suelos, por medio del vermicompost, también conocido como abono orgánico [4-14]. Por otra parte, según las bases de datos Scopus, Sciencedirect, google academic y en la consulta de autores como Jorge Domínguez sobre vermicompostaje, se vio la necesidad de hacer una actualización de los residuos con mejor beneficio agrícola, de acuerdo a los nutrientes obtenidos en el vermicompost con la especie *Eisenia fétida*. Por esta razón, en este artículo de revisión se busca Identificar las diferencias que pueden existir en el proceso de vermicompostaje al variar los residuos sólidos, teniendo en cuenta el tiempo del proceso y la influencia de los residuos.

## 1. VERMICOMPOSTAJE

Es el proceso en el cual las lombrices de tierra, intervienen en la degradación de los residuos orgánicos, estos pueden ser agrícolas, orgánicos domésticos, lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales, estiércol de animales y residuos de comida, los autores [15-24] Lo han demostrado en sus investigaciones. El vermicompostaje es la consecuencia de la interacción de las lombrices y los microorganismos. Los encargados de la degradación de los residuos son los microorganismos y las lombrices se encargan de la fragmentación, aireación y homogenización del sustrato, es decir, que lo acondicionan para la actividad microbiológica, ya que, modifican sus propiedades fisicoquímicas y biológicas [3 & 25] (tabla 1), esto lo hacen mientras se alimentan, se desplazan y cuando generan su excremento [3].

**Tabla 1. Cambios en las propiedades del sustrato por las lombrices**

| Propiedades | Cambios   |
|-------------|---|
| Físicas     | <ul style="list-style-type: none"><li>• Fragmentación</li><li>• Porosidad</li><li>• Aumenta el área para la descomposición microbiana</li><li>• Aireación</li></ul>   |
| Químicas    | <ul style="list-style-type: none"><li>• Estabilización de la materia orgánica</li><li>• Ciclo de nutrientes (N y P)</li><li>• Mejora el PH del suelo</li></ul>  |
| Biológicas  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Elimina bacterias de los excrementos, disminuyendo la cantidad de patógenos.</li><li>• Los microorganismos de las deyecciones de la lombriz modifican el proceso de descomposición.</li></ul> |

**Fuente:** Adaptado de varios autores [3, 26 -27]

El proceso tiene 2 fases con respecto a la actividad de la lombriz: en la primera o fase hidrolítica digieren el sustrato, en el cual modifican sus propiedades físicas y biológicas o su composición microbiológica, y en la segunda o fase de maduración, las lombrices se desplazan hacia las capas de sustrato más fresco para digerirlo, mientras los microorganismos descomponen los residuos procesados por la lombriz en la fase 1 [3, 25, 28, 29].

Como resultado del proceso se obtiene el vermicompost, es un abono orgánico, con buena cantidad de nutrientes y materia orgánica necesaria para el crecimiento de las plantas, se caracteriza por tener una relación baja de C:N, bastante porosidad y una gran capacidad de retener agua [3,27]. Además aumenta la presencia de nitrógeno en el suelo, por medio de la degradación de compuestos orgánicos complejos en más simples, a través del tracto digestivo de la lombriz [30-31].

El vermicompostaje tiene grandes beneficios, es económico, sin impactos negativos en el medio ambiente, la materia prima es asequible, de gran ayuda para el medio ambiente y el suelo, porque disminuye los residuos orgánicos, recupera la fertilidad

del suelo, aumenta su cantidad de materia Orgánica, y disminuye su compactación [32]. También el agricultor se beneficia al obtener productos finales, como el vermicompost y la producción de lombrices con gran cantidad de proteínas para la alimentación de animales como aves, peces y cerdos [3].

### 1.1 Sistemas de vermicompostaje:

El proceso es muy sencillo, y es de bajo costo para las personas que desean implementarlo, los elementos necesarios: son residuos orgánicos, lombrices para el proceso, recipiente para las camas de lombrices, tierra negra o suelo húmico y agua.

Para obtener el sustrato, primero se humedece la tierra un día antes, segundo se coloca húmeda en el recipiente donde se va hacer el proceso, tercero se pone una capa de residuos orgánicos y las lombrices, cuarto otra capa de tierra para evitar malos olores, finalmente en el sitio en que se va hacer el proceso. La dieta de las lombrices debe ser rica en elementos que contengan carbono y nitrógeno, el carbono es el que suministra las calorías necesarias para la actividad microbiana, este se puede encontrar en madera, hojas secas, cartón, serrín, etc. El nitrógeno es fuente de proteína y ácidos nucleicos para los microorganismos que actúan en el proceso, se puede obtener en los residuos orgánicos frescos porque contienen muchos elementos nitrogenados. La rapidez del proceso de vermicompostaje depende de una buena combinación de residuos que contengan estos dos elementos, se recomienda una cuarta parte de residuos frescos y las otras tres cuartas partes de residuos secos, esta combinación da humedad y aireación al sustrato, muy necesario para que sobrevivan los microorganismos y las lombrices [33-34].

El sustrato se debe caracterizar por tener [35]:

**Alta capacidad de retención hídrica:** las lombrices respiran por su piel, para poder hacerlo necesitan de un ambiente húmedo para vivir.

**Buen potencial de Volumen:** Es decir que el material no debe ser muy denso o pesado, porque puede compactar el sustrato, eliminar o disminuir el flujo de aire, y como consecuencia la muerte de las lombrices. Algunos materiales afectan la porosidad del sustrato, por el rango de tamaño de partícula, la forma, la textura, y la rigidez de su estructura, el conjunto de estos factores es el potencial del volumen del residuo.

**Bajo contenido de proteína o nitrógeno:** Es decir que debe tener una relación carbono: nitrógeno alta, porque cuando hay bastante proteína en el sistema de vermicompostaje, hay rápida degradación de los residuos por el aumento de temperatura, creando un ambiente no apto para las lombrices.

Los sistemas de vermicompostaje se pueden realizar de diferentes formas, es decisión de la persona encargada de la implementación. A continuación se explica cada uno de los sistemas en la tabla 3.

**Tabla 3. Sistemas de Vermicompostaje**

| <b>Sistema</b>                     | <b>Descripción</b>   |
|------------------------------------|--|
| Vermicompostaje en pilas           | Se realiza igual que el compostaje, se apilan los lechos sobre el suelo o sobre plástico u hormigón. Cuando la materia orgánica se ha madurado (ya no se calienta), se agregan las lombrices. Se debe cuidar de la intemperie para que no se mueran las lombrices.             |
| Vermicompostador comercial         | Está diseñado para mantener las condiciones óptimas para el proceso.   |
| Vermicompostaje en camas           | En un espacio delimitado sobre el suelo, se distribuye el sustrato con las lombrices, debe tener drenaje para evitar acumulación de agua y de gases.<br>Recomendaciones de medidas alto 50 cm, 1 a 2,5 metros de ancho y hasta 500 metros de longitud dependiendo del espacio. |
| Vermicompostaje en camas elevadas. | Se ubican sobre soportes. Tiene las mismas recomendaciones en las medidas que las otras camas.   |
| Vermicompostaje en contenedores    | El proceso se hace en unos contenedores de 20-70 m <sup>3</sup> .son unidades móviles, tienen equipo para medir las condiciones atmosféricas dentro del contenedor.<br>Este también se puede hacer en barriles de plástico.  |

**Fuente:** Adaptado de varios autores [32 & 34]

En todos los sistemas de vermicompostaje se debe hacer seguimiento a las condiciones medioambientales, asegurando que las lombrices tengan un ambiente óptimo para su desarrollo, de tal forma que el proceso sea exitoso. Además se debe buscar la forma de proteger los sistemas, debido a que, existen otros animales interesados en consumir los residuos y pueden hacer competencia con las lombrices por comida, viéndose afectado el proceso [3,36].

## 1.2. Residuos:

Las lombrices pueden digerir más rápido unos residuos que otros, unos se pueden vermicompostar en grandes cantidades, otros en pequeñas y los que no son aptos para el proceso, como se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3. Residuos vermicompostables y no aptos para el proceso**

| <b>Lugar de procedencia</b> | <b>En grandes cantidades</b>   | <b>En pequeñas cantidades</b>  | <b>No aptos en el vermicompostaje</b> |
|-----------------------------|--|--|---------------------------------------|
| <b>Cocina</b>               | Deshechos vegetales, Restos de fruta, alimentos dañados o vencidos, restos de harinas como pasta, arroz, pan y cereales. | Cáscaras de huevo en pequeños pedazos, servilletas, papel de cocina, filtros de café, productos lácteos, restos de carne y pescado, alimentos cocinados, aceites, grasas y cítricos. | Alimentos salados o con vinagre.      |
| <b>Jardín o Agricultura</b> | Hojas y flores frescas, Restos frescos de pasto, de  | No aplica  | No aplica                             |

|       |                                 |   |  |
|-------|---------------------------------|---|--|
|       | cosechas y malezas sin semillas |   |  |
| Otros | No aplica                       | Cartón sin tinta en pequeños trozos, ceniza de madera sin tratar, cabello, pelo, plumas y hilos naturales | Vidrio, metal, Plásticos, empaques tetra pack, pilas, medicamentos, productos químicos, papel y cartón impresos, Cenizas de madera tratada, carbón,, basura de barrer y aspirar, polvo, Aceites de motor, estiércol de perros y gatos, Filtros de cigarrillos, Tejidos sintéticos y Pañales desechables, |

**Fuente:** Adaptado de VERMICAN, 2015 [37].

Se debe tener cuidado con los siguientes residuos para usarlos en el proceso de vermicompostaje [37]:

**Ramas de árboles de coníferas:** son acidas y generan tóxicos, que vuelven el proceso lento.

**Restos leñosos de jardín:** son las ramas que se eliminan en la poda de los arboles. Estos residuos se demoran en descomponer con respecto a otros, por eso no es recomendable para el proceso.

**Pasto:** Se recomienda amontonarlo, combinarlo con otros residuos y aplicarlo en pequeñas proporciones en el sustrato.

**Plantas enfermas o que han sido fumigadas:** Se recomienda tener en cuenta las plantas que tienen estas condiciones, porque pueden ser toxicas para las lombrices.

**Cascaras de frutas cítricas y de piña:** Estos residuos no deben agregarse en grandes cantidades porque las lombrices son sensibles en ambientes ácidos. Se recomienda combinarla con cascara de huevo triturada.

**Cascaras secas, cascaras de huevo, huesos y corchos:** La descomposición de estos residuos es lenta y es probable que en el proceso de vermicompostaje no se descompongan. Se recomienda triturarlos para ayudar a la lombriz a digerirlos.

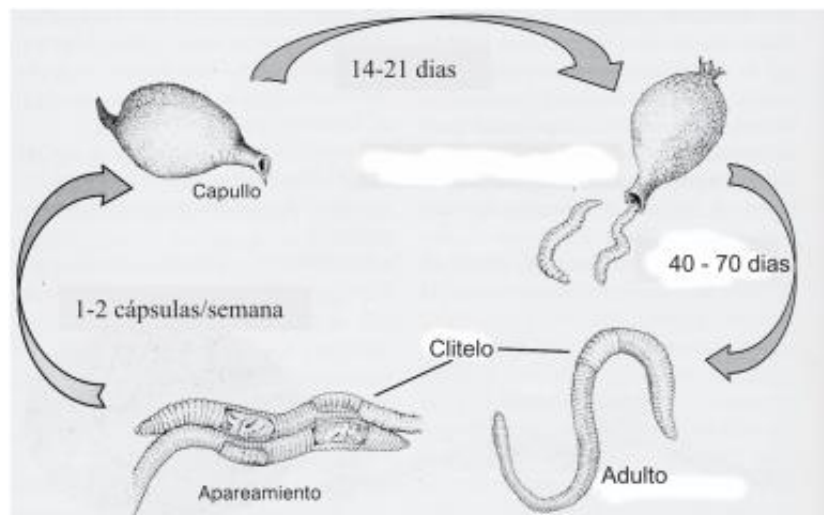
**Tomate:** Sus semillas son difíciles de degradar, porque necesitan alta temperatura en largos periodos, por lo tanto, es posible que en el vermicompost estén intactas y cuando se aplique en el suelo, nazcan tomates.

## 2. ESPECIE DE LOMBRIZ EISENIA FÉTIDA

Es una lombriz epigea y hermafrodita, habita en el horizonte del suelo orgánico o húmico, se alimenta de materia orgánica [38], tiene altas tasas de reproducción y metabólica, lo que indica que tiene gran capacidad de adaptación a cambios en el medio. Esta especie es apta para el vermicompostaje, porque se caracteriza por el alto consumo y digestión de la materia orgánica, tolera un amplio rango de

condiciones ambientales, se reproduce y crece rápidamente [3], todo esto hace que el proceso sea rápido en comparación a otras especies.

Varios autores [3,39-41] han estudiado la especie y concuerdan en que en condiciones óptimas, el ciclo de vida (figura 1), es desde que pone el capullo hasta que esta sexualmente madura (clitelada). La generación de capullos dura 45 a 51 días, su crecimiento hasta ser adultas dura 21 a 30 días. Cada 7 días se aparea, su fecundación es cruzada, se producen 2 cocones (contiene los huevos) por cada acto sexual, de cada cocón nacen de 2 a 6 lombrices.



**Fig. 1.** Ciclo de vida de Eisenia Fétida

**Fuente:** López Mosquera, M. Elvira & Sainz Osés, M. Jesús, 2011 [3].

## 2.1. Rangos Óptimos de factores ambientales para el desarrollo de la Especie:

**Temperatura:** Las especies de áreas templadas como la Esenia Fétida crece y se reproduce en condiciones óptimas a 25 °C y tolera hasta los 35 °C, su muerte se produce a 33 °C, y su reproducción se detiene a 10.3 °C, vuelve cuando sube la temperatura [40]. Toleran los rangos entre 4°C – 30°C [2].

La muerte de las lombrices a altas temperaturas se genera porque aumenta la actividad microbiana y química del sustrato, por lo tanto, disminuye el oxígeno para las lombrices [3].

**Humedad:** Debe ser superior a 50 %, el óptimo es 80% - 90%, toleran rangos amplios de humedad 60% - 90% [2]. En la tabla 4, esta los residuos más comunes en el vermicompostaje con su capacidad de absorción hídrica.

**PH:** Puede afectar el proceso de vermicompostaje ya que las lombrices tienen un rango de tolerancia, en el cual se pueden desarrollar y reproducirse más rápido. Eisenia Fétida es capaz de tolerar un PH del residuo orgánico en el rango 5 y 9, aunque los más óptimos son valores cercanos a la neutralidad [42].



**Aireación:** El residuo debe tener una estructura física porosa, que permita el desplazamiento de las lombrices, el paso del aire y el drenaje de exceso de agua durante el proceso [1]. La especie Eisenia Fétida migra cuando el sustrato tiene condiciones aeróbicas muy bajas [3].

## 2.2. Requerimientos óptimos en los residuos orgánicos para el desarrollo especie:

**Salinidad de los residuos:** Altos porcentajes de sal presentes en el sustrato, impide el desarrollo y la reproducción de las lombrices, toleran un porcentaje menor al 0.5%. Se recomienda lavar los residuos antes del vermicompostaje para disminuir la presencia de sal presente en los residuos [2-3].

**Concentración de amonio en los residuos:** las lombrices no toleran alto contenido de amonio en los residuos, toleran menos de 0.5 mg/g. Mueren en el estiércol de gallina fresco y en lodos de depuradora sin ser aireados por varios días, debido a que, contienen grandes cantidades de amonio [2-3, 43].

**Relación C: N en los residuos:** Se recomienda que la relación carbono: Nitrógeno, este entre 20 y 30, ya que es el rango mas optimo para las lombrices, aunque pueden degradar residuos con relaciones altas o bajas de Carbono: Nitrógeno [3]. Aunque si la relación se encuentra muy lejos del rango optimo, puede afectar la reproducción y desarrollo de las lombrices [1]. En la tabla 4, esta los residuos más comunes en el vermicompostaje con su relación de C: N.

**Metales pesados:** el consumo de metales pesados en altas cantidades tiene efectos adversos en el metabolismo de las lombrices, por lo tanto, afecta su reproducción, crecimiento y hasta su supervivencia. Cuando las lombrices consumen metales pesados sin importar la cantidad, se pueden adherir en los tejidos por medio de la digestión de los residuos que los contiene [3].

**Tabla 4. Capacidad de absorción hídrica y relación C:N en algunos residuos**

| Residuo  | Capacidad de retención hídrica | Relación C:N |
|--|--------------------------------|--------------|
| Estiércol de caballo                                 | Medio- bueno                   | 22-56        |
| Musgo de turba                                       | Bueno                          | 58           |
| Paja   | Poca                           | 48-150       |
| Papel Higiénico                                      | Medio- bueno                   | 127-178      |
| Corteza de maderas duras                             | Poca                           | 116-436      |
| Corteza de maderas blandas                           | Poca                           | 131-1285     |
| Cartón   | Bueno                          | 563          |
| Astillas de madera                                   | Poca                           | 170          |
| Lodos de plantas de tratamiento de fabricas de papel | Bueno                          | 54           |
| Serrín   | Poco- medio                    | 142-750      |
| Ramas de árboles                                     | Poca                           | 53           |
| Virutas de madera dura                               | Poca                           | 451-819      |
| Virutas de madera blanda                             | Poca                           | 212-1313     |

|                       |            |        |
|-----------------------|------------|--------|
| Hojas secas y sueltas | Poco-Medio | 40-80  |
| Tallos de maíz        | Poca       | 60-73  |
| Mazorca               | Poco-Medio | 56-123 |

**Fuente:** Adaptado de Munroe, G. 2007 [35].

### 3. METODOLOGÍA

Se hizo una revisión de más de 50 bibliografías, de los siguientes temas: estado del arte del proceso de vermicompostaje en Colombia con la especie *Eisenia Fétida*, proceso de vermicompostaje, estudios de caso de vermicompostaje, abonos orgánicos, especie *Eisenia Fétida*, manuales de compostaje y vermicompostaje, beneficios del proceso, entre otros.

La búsqueda se hizo online de artículos de investigación y trabajos de grado, textos académicos en Bases de Datos, revistas científicas proquest y scopus, buscador google académico, bases de datos de universidades nacionales y se consultó al autor Jorge Domínguez. Además se revisó la bibliografía de investigaciones del proceso de vermicompostaje, como fuentes adicionales a las encontradas.

En total se consulto 10 libros, 7 tesis, 5 páginas web y 30 artículos de investigación relacionados con el tema.

Finalmente se hizo la comparación de los procesos en Colombia, se analizó los resultados obtenidos y se plantea un mejor proceso.

### 4. METODOLOGÍA APLICADA

En Colombia el vermicompostaje ha sido impulsado principalmente por la academia, llegando a implementarse en la industria agrícola como fertilizante orgánico para las plantas. Con estos estudios se ha llegado a la conclusión de que es una gran opción para el manejo de los residuos orgánicos producidos en el país, además de los beneficios que trae consigo.

Uno de los estudios para generar fertilizante orgánico, es la adaptación tecnológica de la lombricultura en la zona cafetera de Albán Cundinamarca [44], se hizo un experimento de vermicompostaje con la especie *Eisenia Fétida*, en el que la alimentaron con pulpa de café. Este se realizó en la Hacienda "El Porvenir" en la vereda Namay del municipio de Albán (Cundinamarca), a una temperatura promedio 19°C. Los resultados obtenidos en el vermicompost se presentan en la tabla 5. Además se hizo el estudio económico de implementar la lombricultura para fertilizar el café y los beneficios económicos con respecto a los fertilizantes químicos, en el que se evidencio que el agricultor se puede ahorrar el 46,8% por año.

**Tabla 5. Vermicompost con pulpa de café en la zona cafetera de Albán Cundinamarca**

| Parámetro        | Porcentaje |
|------------------|------------|
| Materia Orgánica | 56.48      |
| Nitrógeno        | 3.8        |
| Fósforo          | 0.25       |
| Potasio          | 0.165      |
| Calcio           | 0.648      |
| Magnesio         | 0.208      |
| Hierro           | 0.010      |
| Manganeso        | 0.005      |
| Zinc             | 0.014      |
| Cobre            | 0.011      |

**Fuente:** Adaptado de Rodríguez, F., Velásquez, G., Chamorro, C., & Martínez, N., 1992 [44].

Otro estudio es la caracterización microbiológica y físico-química de la pulpa de café sola y con mucílago, en el proceso de lombricompostaje [45], el experimento se realizó en el municipio de Anserma (Caldas), en la central de beneficio ecológico, con una temperatura promedio de 19,6 °C. El análisis microbiológico y físico químico se realizó a la pulpa de café sola fresca, compostada y vermicompostada, también a la combinación de pulpa de café fresca con mucílago fresco, y a esta mezcla compostada y vermicompostada. El sustrato para la alimentación de la lombriz esenia fétida se elaboró con los residuos compostados durante 2 meses. En los resultados obtenidos los lombricompuestos son los que tienen mayor cantidad de microorganismos y al compararse entre sí, el que posee mayor presencia de microorganismos es el de la mezcla de pulpa de café y mucílago. En el análisis físico químico el vermicompost de pulpa de café sola, es el que contiene mayor porcentaje de materia Orgánica y minerales. En la tabla 5 se presenta los resultados físicos químicos de los lombricompuestos.

**Tabla 5. Resultados físicos químicos de lombricompuestos de Pulpa de café y mezclada con mucílago**

| Parámetro            | Sustrato Pulpa de café (%) | Sustrato Pulpa de café con mucílago (%) |
|----------------------|----------------------------|---|
| Humedad (%)          | 78.05                      | 79,48                                   |
| pH                   | 8,63                       | 9,33                                    |
| Materia Orgánica (%) | 55,94                      | 49,79                                   |
| C/N                  | 8,73                       | 6,98                                    |
| Nitrógeno (%)        | 3,72                       | 4,14                                    |
| Fósforo (%)          | 0,44                       | 0,31                                    |
| Potasio (%)          | 9,64                       | 5,50                                    |
| Calcio (%)           | 1,15                       | 1,30                                    |
| Magnesio (%)         | 0,21                       | 0,25                                    |

**Fuente:** Adaptado de Blandón-Castaño, G., Dávila-Arias, M. T., & Rodríguez-Valencia, N., 1999 [45].

Otro estudio es la variación de parámetros fisicoquímicos durante un proceso de compostaje [46], se hizo un experimento para obtener abono orgánico por compostaje y vermicompostaje, se hizo en la finca del rosal (Agrorosas S.A) con los residuos de cosecha y post cosecha de Rosas. Primero se hizo el compostaje y a los 68 días fue

el sustrato para las lombrices (*Eisenia Fétida*), los dos procesos se trataron agregándole compuestos químicos y residuos (tabla 6). En la tabla 7 se presentan los análisis físico químicos del vermicompost.

**Tabla 6. Compuestos químicos y residuos que fueron agregados a los procesos**

| Producto  | Compostaje (14 M3) |                       | Vermicompostaje (12 M3) |  |
|---|--------------------|-----------------------|-------------------------|--|
|   | Día                | Cantidad              | Día                     | Cantidad                                       |
| NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (20%N)<br>Nitrato de amonio | 1                  | 20 litros             | 1<br>33<br>86           | 20 Litros<br>10 Litros<br>10 Litros            |
| Ca(OH) <sub>2</sub><br>Hidróxido de Calcio                  | 1                  | 4Kg                   | 1                       | 4Kg  |
| Caldo microbiano Comercial                                  | 1-155              | 24 Litros cada semana | 1-55<br>61-153          | 20 Litros cada semana<br>24 Litros cada semana |
| Lombriz de tierra   |                    |                       | 68<br>90                | 80Kg<br>60Kg                                   |
| Melaza  |                    |                       | 68                      | 1 Litro  |

**Fuente:** Camero, D. M. F., Ballesteros, M. I., & Bendeck, M. 1999, [46].

El hidróxido de calcio Ca(OH)<sub>2</sub> se agrego para que el PH aumentara y luego el Nitrato de amonio NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (20%N) para mantener el PH estable durante los procesos.

**Tabla 7. Parametros físico químicos Vermicompost de cosecha y post cosecha de Rosas**

| Parámetro            | Porcentaje |
|----------------------|------------|
| Humedad (%)          | 73.29      |
| pH                   | 7.42       |
| Materia Orgánica (%) | 67.81      |
| C/N                  | 10.69      |
| Carbono (%)          | 28.21      |
| Nitrógeno (%)        | 2.64       |

**Fuente:** Adaptado de Camero, D. M. F., Ballesteros, M. I., & Bendeck, M. 1999, [46].

## 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En los experimentos realizados con pulpa de café para generar vermicompost las diferencias en el proceso, es que el sustrato se trata previamente (compostaje) en un estudio, el cual, permite que el proceso de vermicompostaje sea más rápido, porque los residuos ya han sido degradados.

Además, es probable que por la composición química de los suelos de cada sitio, el resultado del proceso se vea afectado, porque puede aumentar o disminuir la presencia de algún compuesto químico. Suponiendo que el suelo del municipio de

Albán (Cundinamarca) es similar al del municipio aledaño de Guayabal, este se caracteriza por tener un PH de 4.9, porcentaje de humedad 4.7, Ca 22.2%, Mg 13.9%, K 1% y C 0,76% y N 0,19 % [47]. Los suelos Caldenses se caracterizan por ser suelos derivados de cenizas volcánicas [48], con un PH entre 4.5 – 6.2, la mayor composición es de limo 50% - 70% [49] y tienen una mayor capacidad de absorción de Ca [50], por lo tanto, es el compuesto que predomina. Al comparar los datos obtenidos en los dos procesos se evidencia que existe muy poca diferencia en la cantidad de Materia orgánica, debido a que, son suelos fértiles, no hay diferencias significativas en N, P y Mg, mientras que, en K y Ca si se evidencia, los valores más altos son en el experimento hecho en Anserma (Caldas), por lo tanto, el tipo de suelo influye en los resultados obtenidos en el proceso, porque es probable que la tierra que se uso para el sustrato sea de la región, debido a que, el suelo caldense es fértil y contiene mayor cantidad de Ca.

Ahora bien, al comparar los tres estudios, el proceso más tratado fue el que se hizo en agrorosas S.A, porque se hizo compostaje, a este se le agregaron componentes, inicialmente para aumentar el PH y luego durante el proceso para estabilizarlo, adicionalmente se le agrego caldo microbiano comercial para iniciar el proceso de vermicompostaje, por lo tanto, tuvo el mejor porcentaje de materia orgánica y de humedad, sin embrago, el que tuvo mayores porcentajes en los nutrientes fue el sustrato con pulpa de café y mucilago.

Se plantea entonces, mejorar el proceso con un PH estabilizado, los residuos compostados, agregarles caldo microbiano y estar en partículas pequeñas para asegurar un alto porcentaje de materia orgánica y disminuir el tiempo del proceso. Cabe resaltar, que los resultados obtenidos en el vermicompost, dependen del residuo que se use para hacer el sustrato de las lombrices [51], en la tabla 8, se presentan los valores promedio de nutrientes contenidos en algunos residuos.

**Tabla 8. Valores promedio de nutrientes contenidos en algunos residuos orgánicos**

| <b>Residuo</b>                 | <b>Materia orgánica (%)</b> | <b>N (%)</b> | <b>P (%)</b> | <b>K (%)</b> |
|--------------------------------|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Estiércol vacuno fresco        | 65                          | 1.50         | 0.62         | 0.90         |
| Estiércol de camada de Gallina | 54                          | 1.70         | 1.20         | 1            |
| Estiércol de cerdo             | 45                          | 2.50         | 0.60         | 0.50         |
| Estiércol de ovino caprino     | 30                          | 0.55         | 0.26         | 0.25         |
| Estiércol de caballo           | 17                          | 0.42         | 0.30         | 0.70         |
| Estiércol de conejo            | 40                          | 1.25         | 1.01         | 1.18         |
| Pulpa de cacao                 | 91                          | 3.21         | 1.15         | 3.74         |
| Cascarilla de arroz            | 80                          | 0.70         | 0.40         | 0.80         |
| Hoja de plátano                | 85                          | 1.50         | 0.19         | 2.80         |
| Pulpa de café                  | 90                          | 1.80         | 0.30         | 3.50         |
| Hoja de frijol                 | 93                          | 2            | 0.58         | 2.20         |
| Restos de hortalizas           | 70                          | 1.10         | 0.29         | 0.70         |

|                    |    |      |      |      |
|--------------------|----|------|------|------|
| Cascara de naranja | 73 | 0.74 | 1.32 | 0.86 |
|--------------------|----|------|------|------|

**Fuente:** Sánchez, S., Hernández, M., & Ruz, F., 2011 [50].

Por otro lado, las plantas necesitan en mayor cantidad nutrientes como el nitrógeno (N), el fósforo (P), y el potasio (K). También necesitan en menor cantidad otros nutrientes conocidos como secundarios, entre estos se encuentra el calcio (Ca), el azufre (S), el hierro (Fe), el Boro (B), el molibdeno (Mo) y el Zinc (Zn) [52]. Por tal razón, un abono orgánico debe contener estos elementos y un alto porcentaje de Materia orgánica; de acuerdo a la tabla 8, los residuos que pueden tener mejor resultado en el vermicompostaje son estiércol de camada de Gallina, estiércol de cerdo, pulpa de cacao, cascarilla de arroz, hoja de plátano, pulpa de café y hoja de frijol.

Por último, es conveniente tener presente que el tiempo del proceso de vermicompostaje no influye en la obtención de los nutrientes, porque este depende del tamaño de los residuos y su composición, de igual forma, que las condiciones ambientales sean óptimas para el desarrollo y reproducción de la lombriz.

## **6. CONCLUSIONES**

Los residuos influyen directamente en el resultado final del vermicompostaje, el tiempo del proceso no influye en la obtención de nutrientes, porque, este depende del tamaño de los residuos y de las condiciones óptimas para el desarrollo y reproducción de las lombrices. Además se hizo la comparación de dos procesos realizados en diferentes sitios con el mismo sustrato y se identificó la probabilidad de que, los compuestos químicos del suelo de cada región influya en la obtención de nutrientes en el vermicompost, debido a que, los suelos son fértiles y tienen las condiciones óptimas para supervivencia de las lombrices.

Se planteó mejorar el proceso, con un PH estabilizado, residuos compostados, agregarles caldo microbiano y estar en partículas pequeñas para asegurar un alto porcentaje de materia orgánica y disminuir el tiempo del proceso.

Se recomienda el uso de estiércol de camada de Gallina, estiércol de cerdo, pulpa de cacao, cascarilla de arroz, hoja de plátano, pulpa de café y hoja de frijol, en el proceso de vermicompostaje, porque son los que mejor aporte agrícola pueden dar, de acuerdo a su composición química.

## REFERENCIAS

- [1] Vargas Machuca, R. N., Romero Taboada, E., & Fernández Gómez, M. J. (2014). *Vermicompostaje: procesos, productos y aplicaciones III.5* (Vol. 5). Madrid, España: Ediciones Paraninfo. pp. 15-133.
- [2] Edwards, C. A. (2004). *Earthworm ecology*. Boca Raton, FL, USA :CRC press. pp. 401-424.
- [3] López Mosquera, M. Elvira & Sainz Osés, M. Jesús. (2011). *Gestión de residuos orgánicos de uso agrícola*. Santiago de Compostela, Galicia ,España: Servizo de Publicacións e Intercambio Científico. pp. 201-214.
- [4] Lazcano, C., Arnold, J., Tato, A., Zaller, J. G., & Domínguez, J. (2009). Compost and vermicompost as nursery pot components: effects on tomato plant growth and morphology. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 7(4), pp. 944-951. DOI: 10.5424/sjar/2009074-1107
- [5] Ruiz Rubio, L. A., Alberto, L., & Fajardo González, J. L. (2012). *Efecto de tres dosis de vermicompost sobre el crecimiento, rendimiento, captura de carbono y rentabilidad en el nopal (Opuntia ficus indica L.) y tres frecuencias de cosecha, Managua, Invierno. 2010* (Tesis Doctoral). Facultad de Ingeniería agronómica, Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria, Managua.
- [6] Briones, K. P. A., Quintana, E. P., & Jumbo, V. A. (2016). Relación beneficio–costo por tratamiento en la producción orgánica de las hortalizas (Cilantro, Lechuga, Cebolla Roja, Cebolla de Rama) en el cantón Santo Domingo de Los Colorados. *Revista Publicando*, 3(7), pp. 503-528. Recuperado de [http://rmlconsultores.com/revista/index.php/crv/article/viewFile/279/pdf\\_151](http://rmlconsultores.com/revista/index.php/crv/article/viewFile/279/pdf_151)
- [7] González Hernández, A. I. (2014). *Valoración de compost y vermicompost de residuos de jardinería como fitosanitarios en producción sostenible de patata y tomate*. (Tesis de Maestría). Facultad de Ingeniería agronómica, Escuela Técnica Superior De Ingenierías Agrarias, Universidad de Valladolid, Palencia.
- [8] Mogollón, J. P., Tremont, O., & Rodriguez, N. (2011). Efecto del uso de un vermicompost sobre las propiedades biológicas y químicas de suelos degradados por sales. *Venesuelos*, 9(1 y 2), pp. 48-57. Recuperado de <http://venesuelos.org.ve/index.php/venesuelos/article/view/75>
- [9] Molina, L. D., & Lozano, L. P. (2016). La Desertificación del Suelo, Aspectos y Estrategias de Lucha. *Publicaciones e Investigación*, 10, pp.117-127. Recuperado de <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/1591>
- [10] Hernández, R. S. (2005). Cambios en las propiedades físicas de un suelo arcilloso por aportes de lombricompost de cachaza y estiércol. *Interciencia*, 30(12), pp. 775-779. Recuperado de <http://search.proquest.com/openview/dbf3d790d67baf6e810835d9843921d9/1?pq-origsite=gscholar&cbl=21011>



- [11] Topete, N. G. M. A., & Covarrubias, G. I. (2015). FERTILIZANTE ORGÁNICO OBTENIDO DE LAS VINAZAS TEQUILERAS Y ESTIÉRCOL DE GANADO. *InterSciencePlace*, 1(4). pp. 1-16. Recuperado de <http://ftp.interscienceplace.org/isp/index.php/isp/article/view/39>
- [12] Mosquera Córdoba, T. (2017). *Eficiencia de Lombricompostaje en la Biorremediación de suelos degradados por la minería a cielo abierto en el municipio de Unión Panamericana, departamento del Chocó*. (Tesis de Maestría). Facultad de Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas, Centro de Educación a Distancia, Universidad de Manizales, Manizales.
- [13] Chávez Porras, Á., & Rodríguez González, A. (2011). Análisis químico y biológico de biosólidos sometidos a sistema de lombricultura como potencial abono orgánico. *NOVA*. 9(15) pp. 53-59. DOI: <http://hdl.handle.net/10596/6756>
- [14] Fernández, C., Llobregat, M. J., Bastidas, H., & Sien, B. (2009). Influencia de la *Eisenia foetida* y de Sustratos Orgánicos como Agentes Bioestimulantes en la Biodegradación de un Suelo Contaminado con Petróleo Pesado. *Información tecnológica*, 20(5), pp.19-30. DOI:10.1612/inf.tecnol.4088it.08
- [15] Domínguez, J., Edwards, C. A., & Webster, M. (2000). Vermicomposting of sewage sludge: effect of bulking materials on the growth and reproduction of the earthworm *Eisenia andrei*. *Pedobiología*, 44(1), pp. 24-32. DOI: 10.1078/S0031-4056(04)70025-6.
- [16] Maboeta, M. S., & Van Rensburg, L. (2003). Vermicomposting of industrially produced woodchips and sewage sludge utilizing *Eisenia fetida*. *Ecotoxicology and Environmental safety*, 56(2), pp. 265-270. DOI: 10.1016/S0147-6513(02)00101-X
- [17] Vigueros, L. C., & Camperos, E. R. (2002). Vermicomposting of sewage sludge: a new technology for Mexico. *Water Science and Technology*, 46(10), pp. 153-158. Recuperado de <http://wst.iwaponline.com/content/46/10/153>
- [18] Mamani-Mamani, Gladys, Mamani-Pati, Francisco, Sainz-Mendoza, Humberto, & Villca-Huanaco, René. (2012). Comportamiento de la lombriz roja (*Eisenia* spp.) en sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 3(1), pp. 44-54. Recuperado de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2072-92942012000100005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-92942012000100005&lng=es&tlng=es).
- [19] Castillo, Alicia E., Quarín, Silvio H., & Iglesias, María C.. (2000). CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y FÍSICA DE COMPOST DE LOMBRICES ELABORADOS A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS PUROS Y COMBINADOS. *Agricultura Técnica*, 60(1), pp. 74-79. DOI: 10.4067/S0365-28072000000100008
- [20] Ramírez Castañeda, F., Gómez Piedras, J., & Flórez Roncancio, V. (2011). Evaluación del Fertilizante Orgánico Líquido de Lombriz San Rafael en el Cultivo de Rosa cv. Classy. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 64(2). pp. 6147-6157. Recuperado de <http://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/29403/37155>

[21] Macías, R. R. (2010). Caracterización física y química de sustratos agrícolas a partir de bagazo de agave tequilero. *Interciencia*, 35(7), pp. 515-520. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33914381008>

[22] González Solano, K. D. (2013). *Efluente y té de vermicopost en la producción de hortalizas de hoja en sistema NFT*. (Tesis de postgrado). Colegio de Postgraduados, Postgrado en edafología, Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas, Montecillo.

[23] Bastidas Chaparro, D. F. (2017). *Proceso de germinación con biosólidos de las plantas de tratamiento de aguas residuales (Ptar) tratados con vermicompostaje, para altitudes no mayores a 850 msnm, caso Colombia*. (Tesis de pregrado). Facultad de ingeniería, Ingeniería Civil, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá.

[24] Hurtado Botero, A. M. (2016). *Proceso de transformación de biosólidos de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) con vermicompostaje y su aplicación en germinación, caso países europeos: España, Reino Unido, Francia, Portugal, Italia* (Tesis de pregrado). Facultad de ingeniería, Ingeniería Civil, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá.

[25] Lores, M., Gómez-Brandón, M., Pérez-Díaz, D., & Domínguez, J. (2006). Using FAME profiles for the characterization of animal wastes and vermicomposts. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(9), pp. 2993-2996. DOI: 10.1016/j.soilbio.2006.05.001

[26] Aira, M., Monroy, F., & Domínguez, J. (2007). *Eisenia fetida* (Oligochaeta: Lumbricidae) modifies the structure and physiological capabilities of microbial communities improving carbon mineralization during vermicomposting of pig manure. *Microbial Ecology*, 54(4 pp. 662-671. DOI: 10.1007/s00248-007-9223-4

[27] Aira, M., & Domínguez, J. (2010). Las lombrices de tierra y los microorganismos: desentrañando la caja negra del vermicompostaje. *Acta zoológica mexicana*, 26(SPE. 2), pp. 385-395. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0065-17372010000500029](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372010000500029)

[28] Gómez-Brandón, M., Juárez, M. F. D., Domínguez, J., & Insam, H. (2013). Animal manures: Recycling and management technologies. *Matovic, MD*. pp. 237-271 DOI: 10.5772/53454

[29] Benitez, E., Nogales, R., Elvira, C., Masciandaro, G., & Ceccanti, B. (1999). Enzyme activities as indicators of the stabilization of sewage sludges composting with *Eisenia foetida*. *Bioresource Technology*, 67(3), pp. 297-303. DOI: 10.1016/S0960-8524(98)00117-5

[30] Gómez-Brandón, M., Aira, M., Lores, M., & Domínguez, J. (2011). Changes in microbial community structure and function during vermicomposting of pig slurry. *Bioresource Technology*, 102(5), pp. 4171-4178. DOI:10.1016/j.biortech.2010.12.057

[31] Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina*. Santiago de Chile, Chile: FAO. pp. 18-72.

- [32] Alonso Peña, J. R. (2014). *Compost de lombrices*. Agrogúías Mundi-Prensa. Madrid, España: Editorial Paraninfo, pp 70-158
- [33] Peña, J. R. A. (2011). *CÓMO HACER COMPOST*. Agrogúías Mundi-Prensa. Madrid, España: Editorial Paraninfo. Pp 16-19
- [34] Röben, E. (2002). *Manual de compostaje para municipios*. Loja, Ecuador. En: <http://www.web-resol.org/Cartilha7/ManualCompostajeparaMunicipios.pdf>
- [35] Munroe, G. (2007). *Manual of on-farm vermicomposting and vermiculture*. En: [http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/31642564/vermiculture\\_farmers\\_manual\\_gm.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1498012058&Signature=5NaN0vA9Qe4EcLZdqOPq%2BEQYRXc%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3Dvermiculture\\_farmersmanual\\_gm.pdf](http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/31642564/vermiculture_farmers_manual_gm.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1498012058&Signature=5NaN0vA9Qe4EcLZdqOPq%2BEQYRXc%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3Dvermiculture_farmersmanual_gm.pdf)
- [36] SEGADE. (2006). *Manual de lombricultura práctica*. En: <http://www.manualdelombricultura.com/foro/dat.pl?cl=c&n=13142&>
- [37] VERMICAN. (2015) *Manual de Vermicompostaje* En: <http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/campus/doc/htmls/sostenibilidad/ManualVermicompostaje.pdf>
- [38] Card, A.B., J.V. Anderson y J.G. Davis. (2004). *Vermicomposting Horse Manure*. Colorado State University Cooperative Extension no. 1.224. En: <http://www.ext.colostate.edu/pubs/livestk/01224.html>
- [39] Tineo, A. L. (1990). *Crianza y manejo de lombrices de tierra con fines agrícolas*. Turrialba, Costa Rica: CATIE, pp. 14-18
- [40] Domínguez, J., & Gómez-Brandón, M. (2010). Ciclos de vida de las lombrices de tierra aptas para el vermicompostaje. *Acta zoológica mexicana*, 26(SPE. 2), pp. 309-320. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0065-7372010000500023&script=sci\\_arttext&lng=en](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0065-7372010000500023&script=sci_arttext&lng=en)
- [41] Schuldt, M. (2006). *Lombricultura*. Madrid, España: Mundi Prensa. pp. 50-53
- [42] Edwards, C. A., & Bohlen, P. J. (1996). *Biology and Ecology of Earthworms* (Vol. 3). Londres, Inglaterra: Chapam & Hall. pp. 247-251
- [43] Benitez, E., Nogales, R., Elvira, C., Masciandaro, G., & Ceccanti, B. (1999). Enzyme and earthworm activities during vermicomposting of carbaryl-treated sewage sludge. *Journal of environmental quality*, 28(4), pp. 1099-1104. DOI:10.2134/jeq1999.00472425002800040006x
- [44] Rodríguez, F., Velásquez, G., Chamorro, C., & Martínez, N. (1992). Adaptación tecnológica de la lumbricultura en la zona cafetera de Alban Cundinamarca. *Acta Biológica Colombiana*, 2(7-8), pp. 91-109. Recuperado de <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/21973>
- [45] Blandón-Castaño, G., Dávila-Arias, M. T., & Rodríguez-Valencia, N. (1999). Caracterización microbiológica y físico-química de la pulpa de café sola y con mucílago, en proceso de lombricompostaje. *Cenicafé*, 50(1), pp.5-23. Recuperado de [http://www.cenicafe.org/es/publications/arc050\(01\)005-023.pdf](http://www.cenicafe.org/es/publications/arc050(01)005-023.pdf)

- [46] Camero, D. M. F., Ballesteros, M. I., & Bendeck, M. (1999). Variación de parámetros fisicoquímicos durante un proceso de compostaje. *Revista colombiana de química*, 28(1), Pp.75-86. Recuperado de <http://revistas.unal.edu.co/index.php/rcolquim/article/view/17259>
- [47] Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (1970) .*Estudio general de suelos para fines agrícolas, de las cuencas media y baja del río Bogotá y municipios aledaños*. En: [http://library.wur.nl/isric/fulltext/isricu\\_i00017449\\_001.pdf](http://library.wur.nl/isric/fulltext/isricu_i00017449_001.pdf)
- [48] Echeverri Tafur, L., Estévez Varón, J. V., & Bedoya Patiño, J. G. (2014). Physical, Chemical and Mineralogical Characterization of Soils with a Protective Forest Vocation, Central Andean Region of Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, 67(2), pp. 7345-7354. DOI: 10.15446/rfnam.v67n2.44175
- [49] Lizcano, A., Herrera, M. C., & Santamarina, J. C. (2006). Suelos derivados de cenizas volcánicas en Colombia. *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura*, 155(6), pp.167-197. Recuperado de [http://pmrl.ce.gatech.edu/papers/Lizcano\\_2006a.pdf](http://pmrl.ce.gatech.edu/papers/Lizcano_2006a.pdf)
- [50] Ardila, M. C. H. (2006). *Suelos derivados de cenizas volcánicas en Colombia: estudio fundamental e implicaciones en ingeniería* (Tesis Doctoral). Facultad de ingeniería, Ingeniería Civil, Universidad de los Andes, Bogotá
- [51] Sánchez, S., Hernández, M., & Ruz, F. (2011). Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios. *Pastos y Forrajes*, 34(4), pp. 375-392. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942011000400001&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942011000400001&script=sci_arttext&tlng=pt)
- [52] Dalzell, H. (1991). *Manejo del suelo, producción y uso del compost en ambientes tropicales y subtropicales*. Roma, Italia: F. & Org., Ed. Pp. 5-10